

## GEOMORFOLOGIA DINÂMICA

No campo da geomorfologia moderna têm ganho cada vez maior relevo as análises quantitativas dos processos geomórficos, conduzidas quer através de investigações no terreno, quer de experiências laboratoriais. Nestas tendências situa-se *Fluvial Processes in Geomorphology*, da autoria de três investigadores norte-americanos, L. B. LEOPOLD, M. G. WOLMAN e J. P. MILLER <sup>(1)</sup>, frequentemente citados pelas suas contribuições importantes para a compreensão dos mecanismos complexos de escultura das paisagens terrestres. Neste volume de 522 páginas, os autores, apoiando-se nas suas observações de campo e na profusão de elementos obtidos durante os últimos vinte anos de estudos fluviais e hidrológicos nos E. U. A., período caracterizado por uma tendência geral para medir, quantificar e procurar leis gerais, desenvolvem métodos de trabalho e teorias que abrirão, sem dúvida, novos horizontes para a investigação dos *processos*, nomeadamente dos *processos fluviais*, motivo fundamental da obra. As matérias, dentro de um esquema clássico, estão apresentadas através de 11 capítulos, reunidos estes em três partes: nos capítulos 3 a 7 são estudados processo, estrutura e morfologia; nos capítulos 8 a 11, evolução das formas, depois de uma introdução sobre os conceitos de tempo e geocronologia.

Abre o livro a descrição (Parte I—*The Evolving Landscape*, 2 cap., pp. 3-23) de três tipos de relevo retirados da paisagem norte-americana — uma montanha de tipo bloco, circundada por superfícies

(1) LUNA B. LEOPOLD, M. GORDON WOLMAN, JOHN P. MILLER, *Fluvial Processes in Geomorphology*. W. H. Freeman and Company, San Francisco and London, 1964, xiii + 522 pp.; índices de autores e de assuntos; numerosas figuras e quadros.

baixas, no clima semiárido do New Mexico; meandros encaixados do rio Susquehanna, nos maciços rochosos da Pensylvania; praias levantadas, da costa da Florida —, para ilustração do carácter evolutivo da face do planeta e, por esse motivo, das dificuldades postas à observação e explicação de um largo número de problemas básicos da evolução do relevo. Que em cerca de quarenta milhões de anos a superfície terrestre poderia ficar reduzida a uma planura, é imagem utilizada pelos autores para darem uma ideia da magnitude dos processos da erosão envolvidos na desnudação (p. 27); a sua melhor percepção poderá ser dada pelo estudo quantitativo dos processos, tendo em atenção as evidências estratigráfica e erosiva deixadas nas paisagens.

Na segunda parte (Parte II — *Process and Form*, 6 cap., pp. 27-386), as primeiras páginas são reservadas à apresentação dos processos de desnudação e das suas relações com o clima. *Weathering* e erosão (remoção de detritos, transporte e deposição), descritos segundo o esquema dinâmico de A. N. STRAHLER<sup>(2)</sup>, recebem um tratamento geral, com referências às variações climáticas e seus efeitos morfológicos. Todavia é pena que a importância destes efeitos surja, por vezes, um pouco confusa e contraditória. Assim, embora na p. 40 se leia «in reality earth processes are closed related to clima, the distribution of precipitation, wind and temperature» e na p. 68 «such aspects of the landscape such as drainage density, slope of hillside, and river pattern may, indeed, be related to specific events (*certamente climáticos*) that occur at specific recurrence intervals», fica-se surpreendido perante a afirmação, na p. 384, de que «specific climates do not produce unique forms»...

A definição dos padrões de «Regiões Morfogenéticas» (pp. 40-46), dada apenas pelas relações de dois parâmetros climáticos — valores de médias anuais de temperatura e de precipitação (chuvas) — de treze localidades do Globo, que os autores consideraram como representativas (no Saará, Carolina, Bacia Amazónica, Sudão, costa da Califórnia, Nevada, Seattle, New York, Montana, Minnesota, Alberta, Alaska e Sibéria) parece estar em conflito com o resto da segunda parte do livro, o que demonstra a fragilidade dos conceitos apoiados somente naqueles dois parâmetros. A partir da representação gráfica destes, as temperaturas sobre o eixo vertical e as precipitações sobre o eixo horizontal, os autores delimitam áreas onde, sendo as outras condições iguais, cada processo é relativamente intensificado, diminuído ou suprimido (figs. 3-4, p. 42); a sobreposição dos diferentes gráficos conduz à definição das «regiões morfogenéticas», tendo em conta as relações e reacções entre o *weathering* químico, o *weathering* físico e três mecanismos de remoção e transporte de detritos: ventos, movimentos em massa e águas correntes (figs. 3-5, p. 45). Sobre o valor destas regiões os próprios autores fazem bastantes reservas; na ausência de informações de tipo quantitativo, apenas se poderão emitir afirmações de carácter geral sobre a magnitude relativa de um dado processo, numa dada região.

(<sup>2</sup>) A. N. STRAHLER, «Dynamic basis of Geomorphology», *Geol. Soc. America Bull.*, New York, 1952, vol. 63, pp. 923-938.

No cap. 4 (pp. 97-130), dedicado ao estudo do *weathering*, o *weathering* químico está apresentado de uma maneira inédita, pois se tomam em consideração não só as características dos minerais como também a composição química variável das águas das precipitações e as reacções mineral-água (99-107); os efeitos do *weathering* físico são considerados menos significativos, pelo que recebem um tratamento mais sumário (pp. 113-115). Um capítulo largamente descritivo sobre as relações dimensionais (áreas, ordem dos tributários, densidade da rede, etc.) da bacia de drenagem como unidade geomórfica (cap. 5, pp. 131-150), seguindo de perto os trabalhos de R. E. HORTON e de A. N. STRAHLER<sup>(3)</sup>, leva ao assunto que mais interessa aos autores e que é, de longe, a contribuição mais valiosa do livro: os capítulos 6 e 7, sobre «Água e sedimentos em canais» (pp. 151-197) e sobre as relações entre «Forma do canal e processo» (pp. 198-332), com numerosa bibliografia. Teoria e observação de campo entrosam-se de uma maneira brilhante, sem os autores deixarem de apontar as lacunas dos seus conhecimentos. Antes de entrarem nos temas referidos, fazem uma introdução acerca dos fundamentos e princípios da hidráulica, necessários para a compreensão do texto. Pena é que, por vezes, o tratamento matemático tenha sido reduzido ao mínimo, pois explicações ou deduções mais pormenorizadas do formulário ajudariam, em especial aos não-iniciados, a compreender melhor os resultados apresentados. O canal do rio é comparado a um sistema onde a energia potencial é convertida em energia cinética que, por sua vez, é dissipada por fricção; nele se manifesta a tendência para o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico entre a carga e tamanho dos sedimentos, a configuração do leito, profundidade e gradiente, e a velocidade do fluido. Uma vez que estes parâmetros são, até certo ponto, interdependentes, uma modificação em qualquer deles não só se reflecte nos outros como, ainda, por um mecanismo de ajustamento, no reajustamento do parâmetro que iniciou a modificação. O geomorfólogo que já estuda «processos» encontrará aqui métodos de trabalho e matéria de reflexão que lhe dão apoio excepcional para o prosseguimento das suas investigações; para os outros, a leitura destes capítulos 6 e 7 será uma experiência notável, pela síntese fecunda das tendências empírico-quantitativa e teórico-funcional em geomorfologia. É evidente que nem sempre as explicações dos autores são claras ou convincentes; alguns «mistérios» continuaram por esclarecer, como, por exemplo, da ramificação e entrecruzamento dos canais, da formação de barras ou ilhas no interior dos canais, da modificação dos meandros, etc. Esta segunda parte termina com um capítulo sobre as «Características das vantagens e processos» (cap. 8, pp. 333-386), menos lúcido, em especial no que se refere ao «Clima e forma» (pp. 367-370) e «Exemplos de formas de vertentes em diversas regiões» (pp. 370-383). Em «Algumas generalizações sobre as formas de vertentes»

(<sup>3</sup>) R. E. HORTON, «Erosional developments of streams and their drainage basins; hydro-physical approach to quantitative morphology», *Geol. Soc. America Bull.*, New York, 1945, vol. 56, pp. 275-370.

A. N. STRAHLER, «Quantitative analysis of watershed geomorphology», *Trans. American Geophys. Union*, Washington, 1957, vol. 38, pp. 913-920.

(pp. 383-385), os autores, abandonando as cautelas e reservas tantas vezes formuladas noutros capítulos, oferecem um conjunto de dados desarticulados, de qualidade inferior, o que parece contradizer a afirmação do prefácio do livro, «our emphasis on process is not intended to minimize the importance of the historical aspects of geomorphology». Assim, utilizando apenas o esquema da vertente uniformitária de LESTER KING<sup>(4)</sup>, por sua vez sugerida pelo modelo criado por A. WOOD, os autores reduzem a zero a importância do clima e a oposição peneplanície/pediplanície ao afirmarem, na p. 383, «all kinds of hill forms are found in all kinds of climates», o que está longe de corresponder ao reconhecimento, comprovado por numerosas observações, da influência climática na evolução das vertentes e formação de solos. J. C. FRYE e J. TRICART<sup>(5)</sup>, entre outros, já tiveram a ocasião de demonstrar como, ainda que existam num perfil os quatro elementos do modelo de L. KING, o perfil geral sofre a influência do clima (se a influência directa é mínima, a influência indirecta é preponderante), quer actual, quer do passado. É um uniformitarismo davisiano que se apoia numa informação insuficiente e omite os processos próprios da modelação das vertentes.

A terceira parte do livro, *Part III — The Effects of Time* (pp. 387-504) apresenta, na essência, a extensão temporal dos processos anteriormente estudados. Começa pela descrição de métodos empregados em geocronologia (dendrocronologia, estudo de varvas, análise polínica, etc.), seguindo-se a apresentação de uma «Evolução padrão de drenagem», de «Modificações do canal com o tempo» e da «Evolução de vertentes». Em virtude da ausência do conceito de tempo histórico, o capítulo 9, sobre os métodos geocronológicos, parece deslocado. Quando se referem às teorias sobre a evolução de vertentes, utilizando a habitual controvérsia W. M. DAVIS/W. PENCK, é de lamentar que não tivessem aproveitado os importantíssimos esclarecimentos fornecidos quer pela tradução inglesa, com data de 1953, do trabalho fundamental de WALTHER PENCK<sup>(6)</sup>, quer por um pequeno artigo de 1962, de MARTIN SIMONS<sup>(7)</sup>, para aquilo que D. W. JOHNSON chamou «um dos erros mais fantásticos introduzidos na geomorfologia»<sup>(8)</sup>, e que os autores repetem na p. 487. Vale a pena recordar aqui os factos. O primeiro autor de língua inglesa que tentou uma análise crítica da obra de W. PENCK foi, exactamente, W. M. DAVIS. Ao tentar penetrar na linguagem densa e pouco clara de «*Die Piedmont-*

(4) L. C. KING, «The Uniformitarian Nature of Hillslopes», *Trans. Geol. Soc. Edinburgh*, 1957, vol. 17, pp. 81-102.

(5) J. C. FRYE, «Climate and Lester King's Uniformitarian Nature of Hillslopes», *Journ. of Geol.*, Chicago, 1959, vol. 67, pp. 111-113.

J. TRICART, «C. R. critique de L. King — The Uniformitarian Nature of Hillslopes», *Revue Géomorph. Dyn.*, Paris, 1958, vol. 1-2, pp. 23-25.

(6) W. PENCK, *Morphological Analysis of Land Forms. (A Contribution to Physical Geology)*. McMillan and Co., Ltd., London, 1953.

(7) M. SIMONS, «The Morphological Analysis of Landforms: A new review of the work of Walther Penck (1888-1923)», *Trans. Pap. Inst. British Geographers*, London, 1962, vol. 31, pp. 1-14.

(8) D. W. JOHNSON, «Contribution to symposium Walther Penck's contribution to geomorphology», *Ann. Assoc. American Geographers*, Washington, 1940, vol. 4, pp. 219-284.

*flächen des Südlichen Schwarzwaldes* de PENCK<sup>(9)</sup>, cometeu erros de tradução e, sobretudo, de interpretação, depois perpetuados por numerosos autores. Assim, por exemplo, para as definições de «aufsteigende Entwicklung» (waxing slope) e de «absteigende Entwicklung» (waning slope) DAVIS deu, para além do que leu, as seguintes interpretações: «O primeiro termo (aplica-se) às formas desenvolvidas durante um levantamento de velocidade crescente e por isso caracterizadas por vertentes de vale convexas; o segundo durante levantamento posterior, de velocidade decrescente, e por isso caracterizadas por vertentes de vale que são, pelo menos perto da base, côncavas»<sup>(10)</sup>. Todavia, o que PENCK escreveu foi: «O desenvolvimento de vertentes de vale é a medida fundamental, natural de erosão durante a incisão de um rio... Se a velocidade de erosão de um rio aumenta, assim as vertentes do vale crescendo para o cimo tornam-se mais abruptas em unidades sucessivas de tempo. Resultam vertentes de perfis convexas. A medida que a erosão enfraquece, passa-se o reverso, resultam perfis côncavos» (p. 88, ob. cit.). As definições enunciadas nas pp. 125 e 127 do original de *Die morphologische Analyse* (1924) são em tudo semelhantes a estas.

Voltando aos autores de *Fluvial Processes...*, a afirmação da p. 487, atribuindo a WALTHER PENCK a definição de «waning slope» como aquela em que «...slope evolutions begins after uplift is complete and base level is either stable or rising very gradually» não deixará certamente de surpreender o leitor.

A pesar de tudo, o livro representa uma contribuição importante, em especial para o geomorfólogo que se dedique ao estudo metódico e quantitativo dos processos de modelação de relevo. A sua força está na restrição deliberada aos problemas complexos da dinâmica dos processos fluviais, capazes de serem documentados por medições, que os autores descrevem com a autoridade da sua longa experiência. Paradoxalmente, essa restrição é, ao mesmo tempo, uma fraqueza, porquanto, em face dos conhecimentos actuais, ainda é difícil dissociar os processos, das formas e do tempo (herança). No fim de cada capítulo vêm indicados trabalhos fundamentais, certamente aqueles que mais serviram os interesses dos autores. É evidente que não terá havido, da parte deles, a pretensão de fornecerem uma bibliografia exaustiva, porquanto, ao percorrê-la, nota-se falta de citações a trabalhos não menos importantes como os de O. LEHMANN, P. BIROT, C. PELTIER, J. BUDEL, embora os nomes destes dois autores sejam mencionados na p. 40, e alguns outros que deram contribuições notáveis para a dinâmica dos transportes fluviais e para teorias probabilistas da geometria dos leitos e das bacias dos rios.

\* \* \*

A leitura do livro de L. LEOPOLD *et alia* fez-nos recordar a de um outro, publicado em 1961, apresentado pelo autor como um manual teó-

(9) W. PENCK, «Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes», *Zeitschr. Gesellsch. Erdkunde Berlin*, 1925, vol. 3-4, pp. 83-108. Este trabalho foi publicado depois da morte do autor.

(10) W. M. DAVIS, «Piedmont benchlands and Primärrümpfe», *Geol. Soc. America Bull.*, New York, 1932, vol. 43, pp. 399-440.

rico da dinâmica dos processos geomórficos: *Theoretical Geomorphology*, de A. E. SCHEIDEGGER <sup>(1)</sup>. Enquanto *Fluvial Processes in Geomorphology* constitui uma leitura agradável e sugestiva, o producto da experiência pessoal dos seus autores, o mesmo não se poderá afirmar acerca do livro de A. SCHEIDEGGER, ilustre professor de Geofísica, nos E. U. A., que, depois de ter publicado um trabalho sobre a geodinâmica dos processos internos (*Principles of Geodynamics*), achou necessário juntar-lhe o presente volume. Do livro, dividido em nove partes, as primeiras 37 páginas formam a Part I—*Physical Geomorphology*, constituída pela definição sumária de diferentes aspectos geomórficos: evolução de vertentes, erosão fluvial, formas de bacias de drenagem, efeitos subaquáticos (litoral), fenómenos nivais, efeitos eólicos, etc.; a Part II—*Physical Background* (pp. 38-52) é preenchida com a transcrição de leis fundamentais da dinâmica de corpos fluidos (reologia, turbulência, correntes de densidades diferentes, movimentos na atmosfera, etc.); a partir da terceira parte, e até ao fim (pp. 53-321), portanto quase todo o livro, é a apresentação puramente teórica de leis da física e suas representações matemáticas, que o autor considera aplicáveis ao estudo dos processos e ambientes geomorfológicos: mecânica da formação de vertentes; processos do leito dos rios; dinâmica da formação do vale; teoria dos efeitos subaquáticos; efeitos nivais; teoria dos efeitos eólicos; teoria de alguns aspectos particulares (*hoodoos*, efeitos termiais, *karst*, etc.). Falta no livro tudo o que traduza observação de campo ou experimentação laboratorial dos processos geomórficos. É, no fundo, uma espécie de «ficheiro», nem sempre bem arrumado, de leis da física e de fórmulas matemáticas, abundantemente desenvolvidas, que o autor crê aplicáveis ao estudo da evolução das formas do relevo, sem contudo dar exemplos da sua aplicação ou experimentação. O físico ou o matemático que o leiam precisarão de possuir bons conhecimentos de geomorfologia para penetrarem nos seus objectivos; ao geomorfólogo será necessária uma formação em física e em matemática, em especial no domínio do cálculo diferencial, para compreender os desenvolvimentos do autor.

Das definições de processos e formas apenas daremos uma pequena amostra, sem comentários. Na p. 1, as vertentes (*slopes*) aparecem definidas como os «constituintes básicos de qualquer paisagem... O termo «slope» pode aplicar-se à encosta de uma montanha, ao leito de um rio, ou a uma arriba numa linha de costa» e na p. 53, como «os constituintes básicos de muitos aspectos (de relevo) de interesse»; mas, na p. 112, «sob vertentes, podem entender-se encostas de montanhas, margens de rios, ou mesmo vertentes actuais de vale». Embora o autor comece por afirmar que o melhor método de estudo da evolução de vertentes é o que parte da criação de uma série de modelos matemáticos, de que apresenta e discute alguns (p. 87 e seguintes), acaba por reconhecer que «os modelos matemáticos da evolução de vertentes aqui discutidos exigem muito da imaginação de cada um, pela sua simplicidade

básica» (p. 102), uma vez que não correspondem à realidade. Numa vertente de decrescimento endogenético (exemplo teórico de uma ilha vulcânica bruscamente surgida e em subsidência, pela tendência do estabelecimento de um equilíbrio isostático), «a velocidade de subsidência é proporcional à altura da massa acima de um certo nível de base», este expresso por uma função matemática; na vertente cuja altura aumenta endogeneticamente (exemplo de existência provável em faixas orogénicas ainda activas), «a velocidade do aumento é proporcional à altura já atingida»... Os exemplos são teóricos; não há referências a factos de observação. Na p. 116 promete a discussão de várias teorias sobre os efeitos endogenéticos na evolução de vertentes, «teorias expostas por geomorfólogos de campo»; afinal apenas há uma ligeira referência às ideias de WALTHER PENCK, concluindo o autor que todas as vertentes «são essencialmente côncavas. Não há indicação, a partir da teoria, que as vertentes se tornem convexas, pelo menos enquanto não houver acção lateral do rio». No transporte de detritos, o melhor «mecanismo de graduação dos *pebble* consiste na contrituração dos detritos devida à acção de forças de fricção»; a posição que eles ocupam ao longo do leito é determinada «por um processo de selecção gradativa devido ao transporte diferencial» (p. 175).

Em parte nenhuma do livro se entra em linha de conta com o substrato geológico ou com o regime hidrológico, nunca as influências climáticas são mencionadas para explicarem os aspectos das formas e da evolução dos processos. Ao oferecer um livro de teorias da dinâmica dos processos externos de modelação da superfície do Globo, pena é que o autor, que certamente leu os trabalhos de W. M. DAVIS, pois o cita, não tenha tomado em conta a sua definição de *theoretical geography* <sup>(2)</sup>, pela utilização de faculdades mentais como a imaginação, a invenção, a dedução e outras que contribuam para se atingir uma boa explicação, devendo caminhar a par o raciocínio teórico e o raciocínio prático.

ILÍDIO DO AMARAL

<sup>(1)</sup> A. E. SCHEIDEGGER, *Theoretical Geomorphology*. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1961. xii + 333 pp. Quadros e diagramas; índices de autores e de assuntos.